



データリンク技術の発展

情報ネットワーク論I



©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadobayashi, All rights reserved.



アウトライン

- さまざまなデータリンクの基本形を学習
 - WANのデータリンク技術: 回線交換
 - ・ フレーム化方式 – HDLCを例として
 - ・ 制御 – ATMを例として
 - LANのデータリンク技術: 媒体アクセス制御
 - ・ 時分割多重 – TDMA
 - ・ 競合型 – CSMA, CSMA/CD
 - ・ 協調型 – Token Passing
- 今日のデータリンクを理解する上での基礎

©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadobayashi, All rights reserved.



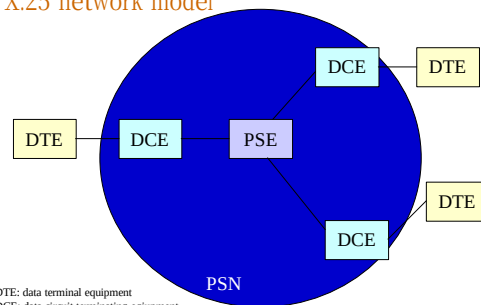
WANのデータリンクの原点: X.25

- 電話網をつかったデータ通信網
 - ・ 身の回りで見かけることはあまりない
- CCITT standard
- ITU-T standard
- OSI参照モデルのLayer 1 – Layer 3
 - L3: PLP
 - L2: HDLC (ITU-T) LAPB (CCITT)
 - L1: X.21bis

©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadobayashi, All rights reserved.



X.25 network model



©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadobayashi, All rights reserved.



HDLCの概要(1)

- X.25のデータリンク層
- IBM社のSNAにおける SDLC (Synchronous Data Link Control protocol) を基本に開発
 - “HDLC”
 - ・ High level Data Link Control
 - ・ ITU-T/ISOによる S DLC の国際標準化
 - ・ ISO Standard 3309
 - “LAPB”
 - ・ Link Access Procedure Balanced
 - ・ CCITT X.25 におけるデータリンク層 (HDLC subset)

©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadobayashi, All rights reserved.



HDLCの概要(2)

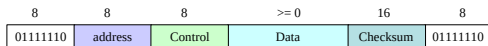
- 古いプロトコルだが、現在も広く使われている
 - ISDN, Packet over SONET 等のデータ通信網で利用
 - 既存のオンライン網
 - ・ 銀行のオンラインシステムなど
- 物理層プロトコルは X.21bis を一般的に使用
- 特徴
 - bit-oriented
 - ・ bit-stuffing を利用してデータ転送の透過性を確保
 - connection-oriented
 - ・ データリンクの設定・切断処理が必要
 - ・ 電話型

©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadobayashi, All rights reserved.



HDLC frame (1)

- Address: 通信局の判別
- Control: 通信制御のための情報
- Data: データ伝送される情報
- Checksum: CRC-CCITT



©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadohbayashi, All rights reserved.



HDLC frame (2)

- フレームの種類
 - 情報フレーム
 - 監視フレーム
 - 非番号制フレーム

フレームの種類	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8
情報フレーム	0		N(S)		P/F		N(R)	
監視フレーム	1	0		S	P/F		N(R)	
非番号制フレーム	1	1		M	P/F		N(R)	

N(S): 送信フレーム番号
N(R): 受信フレーム番号
P/F: ポール/ファイナルビット
S: 監視機能ビット
M: 修飾機能ビット

©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadohbayashi, All rights reserved.



HDLC frame (3)

- ポール/ファイナルビット
 - コマンドの場合は、応答を要求するかどうかを表すポールビット (poll bit) として利用
 - 応答の場合は、最後のフレームかどうかを表すファイナルビット (final bit) として利用
- 情報フレーム
 - 実際のデータ転送に利用されるフレーム
 - N(S)にはフレーム番号
 - if N(R) = k: (k-1)フレームまで正しく受信されたことを意味する

©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadohbayashi, All rights reserved.



HDLC frame (4)

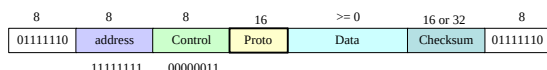
- 監視フレーム
 - データリンク通信中の制御
 - Sによって種類を表す
 - RR
 - N(R)より小さな番号のフレームを正しく受信
 - 次のフレーム送信を促す
 - RNR
 - N(R)より小さな番号のフレームを正しく受信
 - 一時的に受信不能 (バッファ溢れなど)
 - RRを送ることで送信再開
 - REJ
 - N(R)より大きな番号のフレームを正しく受信していない
 - Go-back-NでN(R)以降から再送する
 - SREJ
 - N(R)より小さな番号のフレームを正しく受信
 - Selective-RepeatによりN(R)だけを再送

©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadohbayashi, All rights reserved.



PPP (Point-to-Point Protocol)

- HDLCとほぼ同じ
 - 基本的な考え方
 - 用語
 - フレームフォーマット

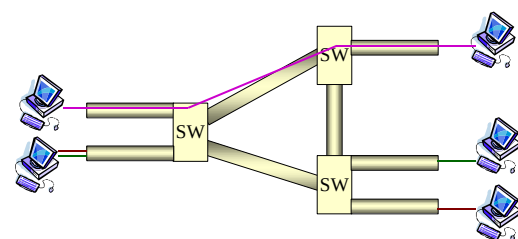


- IETF 標準
- Packet over SONET = PPP over SONET/SDH

©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadohbayashi, All rights reserved.



ATM: コネクション型データリンク



©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadohbayashi, All rights reserved.



ATM: コネクションの識別

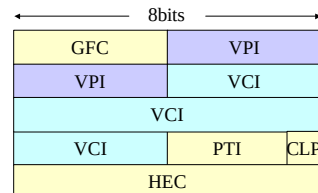
- (VPI, VCI) の組でコネクションを識別
 - Virtual Path Identifier
 - Virtual Circuit Identifier



©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadobayashi, All rights reserved.



ATM: VPI, VCI のコード化

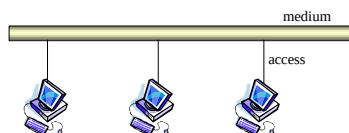


©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadobayashi, All rights reserved.



LANのデータリンク技術

- Shared media, multiple-access
 - どのように伝送媒体を利用するか?
- 媒体アクセス制御
 - MAC: Medium Access Control



©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadobayashi, All rights reserved.



媒体アクセス制御の種類

- 制御型 (controlled scheme)
 - 固定割当方式
 - TDMA (Time Division Multiple Access)
 - 要求適応割当方式
 - Token Passing
- 競合型 (contention scheme)
 - ALOHA, CSMA, CSMA/CD...

©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadobayashi, All rights reserved.



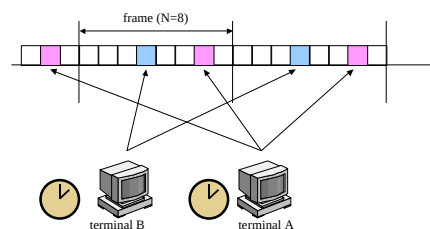
TDMA (1)

- Time Division Multiple Access
 - 通信路を伝送時間Tで分割 (スロット)
 - N個のスロットで一つのフレームを構成
 - 端末は特定のスロットを利用
- 例
 - デジタル専用回線多重化装置
 - 1.5Mbps の回線を複数の機器に利用させる
 - 時分割で分割
 - 64Kbpsを単位として分割できる商品多数

©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadobayashi, All rights reserved.



TDMA (2)



©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadobayashi, All rights reserved.



TDMA (3)

- スロットの予約と解放
 - 事前に管理者が割り当てる方法は簡単
 - 動的に割り当てる機構は端末側にも特別な機能が必要となる
- 時刻同期
 - フレームの切り出しは時刻を基準に実施
 - 端末および交換ノードは同期が必要

©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadohbayashi, All rights reserved.



TDMAからATMへ

- TDMAは広く使われるメディアアクセス方式
 - 多重化方法としては単純
 - 性能保証が可能
 - 現在でもTDMAによる製品は多い
- TDMAではLANトラヒックの収容が難しい
 - 端末の時刻同期は保証されない
 - 端末が利用する帯域は事前に予測できない
- ATMの登場
 - LANトラヒックの収容
 - TDMA的な多重化効果を狙ったデータリンク

©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadohbayashi, All rights reserved.



Pure ALOHA (1)

- 競合型
- 歴史
 - ハワイ大学の ALOHA System で開発
 - 二つの無線回線
 - ・ 端末からホストへ - uplink
 - ・ ホストから端末へ - downlink
 - 二つの無線回線の共有方式を開発
- 方式
 - 各端末は独立に動作
 - 端末からは送るべきデータがあれば直ちに送出
 - パケット送信後 RTT (Round Trip Time) まって ACKが返ってこない場合衝突発生と判断
 - バックオフ処理
 - ・ $[0, K]$ で乱数発生: r
 - ・ r 秒後に再送を実施

©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadohbayashi, All rights reserved.



Pure ALOHA (2)

- 各端末が自律的にメディアにアクセス
 - 無秩序であるので効率は「当然」悪い
 - 秩序はシステムの複雑化を引き起こす
- 衝突の多発は性能劣化を引き起こす
 - 端末数が増える
 - 通信量が増える
- バックオフ(back-off)時間
 - K
 - 性能に影響を与えるパラメータ

©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadohbayashi, All rights reserved.



Slotted ALOHA

- Pure ALOHA を改良
 - 伝送時間をスロット化
 - ・ 端末からの送信をスロットに従わせる
 - ・ 「秩序」の導入
 - 回線の無秩序な競合を、スロットの競合に
 - ・ 競合の発生を少なくする
 - ・ 性能の改善
- 問題点
 - スロットの実現が難しい(時刻同期)
 - 理論的なモデルにとどまる

©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadohbayashi, All rights reserved.



CSMA

- Carrier Sense Multiple Access
- 送信前にメディアが使われていないかを調べる
 - 使われていなければ直ちに送信
 - 伝送遅延が有るため、衝突は発生せざるをえない
 - RTT/2 の間に他局が送信すると衝突
 - ・ 伝送媒体全体に送信状態が伝播する時間

©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadohbayashi, All rights reserved.



CSMA

- 搬送波を検出した場合
 - 1-persistent CSMA
 - ・ 必ず送信
 - p-persistent CSMA
 - ・ 確率 p で送信
 - nonpersistent CSMA
 - ・ 衝突発生時の再送アルゴリズムの適用

©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadobayashi, All rights reserved.



CSMA/CD

- CSMA with Collision Detection
- 通信中もフレームを監視し、衝突を発見する
 - 衝突が発生した場合には直ちに送信を中止
 - 衝突後の不要な回線占有を回避
- 再送アルゴリズム
 - Ethernet では binary backoff 方式を採用
 - 一度衝突すると backoff timer を2倍にしている

©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadobayashi, All rights reserved.



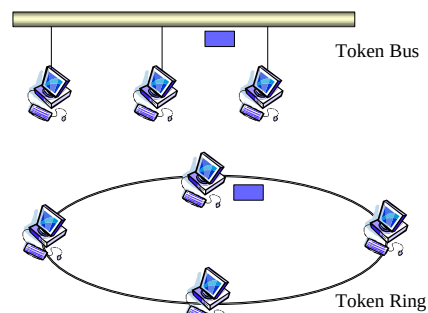
Token Passing (1)

- 802.4 (Token Bus), 802.5 (Token Ring) で採用
- FDDIも Token Passing 方式の一つ (ちょっと複雑)
- 方式
 - ネットワークに接続されたホスト間でトークン (token) を「順番」に交換
 - フリートークンを持っているホストが送信できる
 - token holding timer

©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadobayashi, All rights reserved.



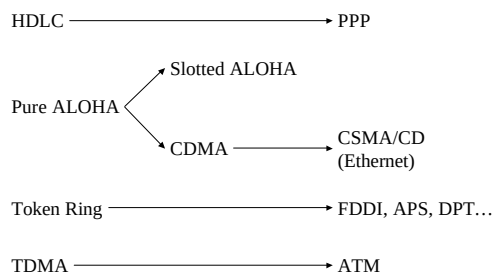
Token Passing (2)



©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadobayashi, All rights reserved.



歴史的変遷



©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadobayashi, All rights reserved.



まとめ

- 回線交換網: HDLC, ATMを例として
 - ・ 4Kbps から 10Gbps まで
- 媒体共有網: さまざまなLAN技術
 - Token scheme
 - ・ Token Ring, Token Bus
 - Collision scheme
 - ・ CSMA/CD
 - ・ Back-off

©2001 Suguru Yamaguchi and Youki Kadobayashi, All rights reserved.